Laubmoose des Krimgebirges in ökologischer, geographischer und floristischer Hinsicht. I.

Etwas gekürzte (ohne die in derselben enthaltenen, hier nur zitierten Figuren) Übersetzung der Originalabhandlung[1])

von

A. A. Sapěhin.

Vorbemerkung.

Meine Arbeit gliedert sich in vier Teile. Der erste ist der ökologischen Geographie gewidmet. Ich bestrebte mich hier erstens, die morphogene Bedeutung der Faktoren zu erklären; dabei benutzte ich auch die entsprechende Literatur, wenn sie zur vollkommeneren Erledigung meiner Aufgaben half. Zweitens bemühte ich mich, eine gedrängte ökologische Charakteristik der Laubmoosassoziationen, die Spezieslisten derselben usw. zu geben. Der zweite Teil (floristische Geographie) enthält allgemeine und Marschroutebeschreibung der Verteilung von krimschen Laubmoosen. Im dritten Teil befindet sich die Speziesliste der Flora, eine kurze ökologische Charakteristik und die Verteilung der Laubmoose, sowie auch die Beschreibung der neuen Arten, Varietäten und Formen. In dem vierten (und letzten) Teile behandle ich die Herkunft der krimschen Laubmoosflora.

Schließlich drücke ich Herrn Dr. J. Podpěra, der mir einige Moose bestimmte und einige Bestimmungen bestätigte, meinen besten Dank aus.

Literatur. Die Literatur über die krimschen Moose ist ziemlich arm; sie besteht aus folgenden Arbeiten: 1) N. Zelenezky: »Matér. pour l'étude de la flore bryol. de la Crimée (Bull. de l'Herb. Boiss. 1896, p. 603 etc.)«; 2) Léveillé: »Enumération des plantes« in »M. Demidow: Voyage dans la Russie méridionale et en Crimée, 1840—42, Paris«; 3) P. S. Pallas: »Catalogue d. esp. d. végét. spont., observ. en Tauride (Nov. Act. Ac. Sc. Imp. Petrop. X. 1797)«; 4) A. Sapehin: »*Timmia rosacea* sp. n. (Bot. Journ. 1907, p. 132 etc.)«; 5) Derselbe: »Beiträge zur Bryologie d. Krim (Bull. du jard. bot. imp. Pétersb. 1908, p. 53 etc.)«; 6) Derselbe: »Beitr. z. Moosfl. d. Krim (Sapiski Novoross. Ob. Jestesw. 1909)«; 7) O. et B. Fed-

1) Sapiski Novoross. Obšč. Estestv. 1910 (russisch).

TSCHENKO: »Mat. pour la flore d. la Crimée (Bull. d. l'Herb. Boiss. 1905. 2 sér. p. 635 etc.)«; 8) E. ZICKENDRATH: »Beitr. z. Kenntnis d. Moosfl. Rußlands (Bull. d. l. soc. imp. d. natur. de Moscou, 1900, p. 241 etc.)«.

Nach den Arbeiten aller anderen Autoren waren etwa 45 Laubmoosarten aus der Krim bekannt. Meine Arbeiten haben noch 84 Arten hinzugefügt; nach der vorliegenden Arbeit umfaßt die Laubmoosflora der Krim 195 Arten.

Zu meiner Arbeit benutzte ich auch die Herbarien der Herren: A. BULATOV, N. ZELENECKY, Prof. F. KAMENSKI, A. N. KRIŠTOFOVIČ und A. ŠTEKER.

I. Ökologische Bryogeographie des Krimgebirges.

A. Bedeutung der Faktoren.

Die Wärme. In bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen andauernde Fröste oder andauernde Hitze kann man die krimschen Laubmoose in kaumotophobe, kriophobe und eurythermophile einteilen. Es gehören zu den ersten: *Seligeria pusilla*, *Didymodon rubellus* v. *intermedius*, *Rhacomitrium sudeticum*, *Mnium orthorrynchum*, *Timmia rosacea*, *Myurella julacea*, *Tortula aciphylla*, *Eucalypta rhabdocalpa* v. *leptodon*, *Bryum elegans* v. *intermedium*, *B. jailae*, *Pseudoleskeela catenulata* (?), *Orthotecium intricatum* (?), *Pseudoleskea atrovirens* (?) und *Tortula mucronifolia* (?).

Ich zähle also zu den kaumotophoben Arten nur diejenigen, welche sich auf den obersten Stufen des Gebirges befinden.

Die kriophoben Arten wachsen nur auf der Südküstenstufe, und außerdem stellenweise unter sonstigen Bedingungen, welche die Fröste des Winters mildern: in allerlei Vertiefungen und Gräben, die während des ganzen Winters voll Schnee sind. Dieses sind die Emigranten aus den Mittelmeerländern: *Tortella caespitosa*, *Pleurochaete squarrosa*, *Tortula inermis*, *Crossidium squamigerum*, *Astomum Levieri*, *Bryum gemmiparum*, *B. capillare* v. *macrocarpum* und v. *meridionale*, *Neckera mediterranea*, *Scorpiurium circinatum*, *Eurhynchium meridionale*, *Rhynchostegium megapolitanum* v. *meridionale*, *Hymenostomum crispatum* (?), *Bryum torquescens* (?).

Alle übrigen Elemente der Laubmoosflora der Krim sind eurythermophil. Einige von ihnen werden weder auf der oberen (Jaila), noch auf der unteren Stufe (Südküste) angetroffen; dieses hat einen anderen Grund: sie sind z. B. photophob usw.

Das Wasser. In bezug auf die erforderliche Wassermenge der verschiedenen Laubmoose der Krim kann man sie in Hydro-, Hygro- und Xerophyten einteilen. Alle Moose, die man gewöhnlich Mesophyten nennt (z. B. 3, p. 83), sind nach meinen Beobachtungen skiophile Xerophyten.

Hydrophil sind: *Cinclidotus aquaticus*, *C. fontinaloides*, *Hygroambly-*

stegium fallax, *H. filicinum*, *H. irriguum*, *Schistidium alpicola* v. *rivulare*, *Fontinalis antipyretica*, *Cratoneuron commutatum*, *Oxyrrhynchium rusciforme*, *Brachythecium rivulare*.

Die Moose an Plätzen mit schnell fließendem Wasser haben dickwandige, feste und dicke Rhizoiden und heften sich dem Substrate mit ihrer Basis so an, daß sie frei fluten (s. auch 1, p. 261). Die Blätter der Hydrophyten sind undicht gestellt und schmiegen sich dem Stengel an (Fig. 5). Man betrachtet es gewöhnlich als eine Anpassung, mechanisch dem Wasser zu widerstehen, Loch (2) aber glaubt, daß es ein Resultat der Ernährungsbedingungen sei. Am wahrscheinlichsten hängt die Form der Hydrophyten von beiden vorher erwähnten Umständen ab. Im ruhigen und ziemlich langsam fließenden Wasser, auch an seichten Stellen heften sich die Moose nicht nur mit der Basis, sondern auch mit verschiedenen Teilen des Stengels an. In solchen Fällen sind die Rhizoiden viel schwächer und die Blätter nicht so weit entfernt. *Cratoneuron commutatum*, *Hygroamblystegium fallax* und *filicinum* weisen auch entsprechende Übergänge auf.

Die Hygrophyten erfordern eine bedeutende und dauernde Feuchtigkeit; das sind: *Seligeria pusilla*, *Mniobryum albicans*, *Dicranella rufescens*, *D. varia* (?), *Rhabdoweisia fugax*, *Fissidens adiantoides*, *F. bryoides*, *F. decipiens*, *F. taxifolius*, *Gymnostomum calcareum*, *Eucladium verticillatum*, *Didymodon tophaceus*, *Barbula unguiculata* f. *robusta*, *Funaria hygrometrica* (?), *Bryum pallens*, *B. pallescens*, *B. pseudotriquetrum*, *B. turbinatum*, *B. gemmiparum* (?), *B. bimum* (?), *Mnia* (alle), *Homalothecium sericeum* (f.), *Isopterygium depressum*, *Dicranum scoparium* v. *intermedium*, *Thamnium alopecurum*, *Orthothecium intricatum*, *Amblystegium hygrophilum*, *A. Sapěhini*, *Drepanocladus Wilsoni*, *Hygrohypnum palustre*, *Brachythecium mildeanum*, *B. rivulare*, *Didymodon rubellus* v. *intermedius*, *Webera nutans*, auch *Hygroamblystegium filicinum*, *H. irriguum* und *Cratoneuron commutatum*.

Die Hygrophyten sind ± lockerrasig und die Mehrheit von ihnen hat ± lockergestellte Blätter (Fig. 1), die schwierig benetzbar sind. Ich betrachte das als eine Anpassung an das Entfernen des Wasserüberflusses, welchen sie infolge ihrer Standortsbedingungen erleiden. Eine interessante Anpassung der Hygro- und Hydrophyten wurde von Czapek (4, p. 376 usw.) entdeckt. Seine Untersuchungen haben gezeigt, daß die Zellwände der erwähnten Moose Sphagnol enthalten, welches sehr antiseptisch ist. Deshalb sind die Moose der feuchten Orte vor Bakterien und fressenden Tierchen geschützt. Als eine Anpassung an die hygro- und hydrophile Lebensart betrachtet Haberlandt (5, p. 388 usw.) die Abwesenheit des Zentralstranges im Stengel dieser Moose für letztere als unnötig. Indessen haben die Untersuchungen von Oltmanns (6) gezeigt, daß der Zentralstrang auch den Xerophyten nur in der feuchten Luft (80% u. m.) hilft (s. auch 7). Daraus geht hervor,

daß der Zentralstrang gerade den Hygrophyten nützlich sein solle: und bei *Mnium* ist er sehr hoch entwickelt. Im allgemeinen aber geht der Wasserstrom, wie schon Oltmanns (l. c.) gezeigt hat, längs der Außenseite des Moosstengels.

Große Feuchtigkeit kann noch besondere hygrophile Formen der Xerophyten erzeugen. Schiffner (24; s. auch 7) schreibt denen die Mehrheit der luxurianten Formen zu. Solche formae hygrophilae beobachtete ich in der Krim an *Barbula unguiculata* (f. *robusta* Podp.) und *Homalothecium sericeum* (f. *robustum* Limpr.).

Alle übrigen Laubmoose der krimschen Flora (etwa 150) sind Xerophyten. Am charakteristischsten für sie ist ihre Dichtrasigkeit. Vermöge dieser letzteren entsteht ein dichtes Netz von Kapillaren, welche das Wasser schnell hineinsaugen und es lange bewahren. Dieses bewirkt auch die dichte Blätterstellung. Die Blätter sind dem Stengel angeschmiegt oder aufrecht-abstehend und oft konkav oder kielig; die Stengel sind meistens mit Paraphyllien oder Haaren bedeckt. Nach meinen Untersuchungen saugt *Hylocomium splendens* in einer Minute eine Wassermenge hinein, die sein Gewicht 7—8mal übertrifft, *Ctenidium molluscum* bis 6mal, *Homalothecium sericeum* und *Anomodon viticulosus* bis 5mal, das hygrophile *Mnium cuspidatum* dagegen z. B. nur 2—2 $^1/_2$ mal. Gleiche Data geben auch andere Forscher, z. B. Csercy (8, p. 9). Nach den Untersuchungen des letzteren saugten einige Waldmoose in einer Minute die 6fache Wassermenge ihres eigenen Gewichts ein und gaben es an die Luft erst im Laufe einer Woche ab. Als eine Anpassung an die schnelle Aufsaugung des Wassers betrachten einige Forscher, z. B. Goebel (25) und Lorch (2), die Haare, die Papillen und die Mamillen der Moosblätter. Außerdem sieht Lorch in den Papillen noch ein Mittel gegen die erhöhte Wasserverdunstung, ohne aber zu sagen, wie dieselbe vor sich gehen solle. Indessen haben auch mehrere hygrophile Moose papillöse Blätter. Deshalb hatte ich schon früher (26, p. 83) die Idee ausgesprochen, daß die Hauptfunktion der Haare und der Papillen darin bestehe, strahlende Energie der Sonne zu zerstreuen. Diese Anpassung analysiere ich im nächsten Kapitel. Viele Moose haben keine besonderen Anpassungen an das Überleben in der Trockenheit, da fast alle Bryophyten die Eigenschaft haben, im trockenen Zustande lange lebendig zu bleiben (s. auch 28 u. 29).

Als Folge der großen Trockenheit bilden manche Arten besondere formae xerophilae, denen hauptsächlich ein Zwergwuchs eigen ist. Schiffner (l. c.) nennt sie formae depauperatae; sie entstehen aber nicht nur infolge des Mangels an mineralischen Ernährungsmitteln, sondern auch wegen des zu starken Lichtes. Solche Formen werden im nächsten Kapitel betrachtet. Als eine eigentlich xerophile Form begegnete ich in der Krim nur *Climacium dendroides*.

Das Licht. Es gibt in der Krim photophile, skiophile und eury-

photophile Laubmoose. Die Photophyten wachsen an den Plätzen, wo der relative Lichtgenuß (s. WIESNER, 37) 1—1/3 und der absolute 1200—400 unten und 1800—600 (Tausendstel) oben ist. Es sind: *Hymenostomum crispatum*, *Pottia lanceolata*, *P. intermedia*, *Didymodon cordatus*, *D. luridus*, *Pterygoneurum cavifolium*, *Crossidium squamigerum*, *Pleurochaete squarrosa*, *Tortula aciphylla*, *T. inermis*, *T. montana*, *Encalypta rhabdocarpa* v. *leptodon*, *Grimmia anodon*, *G. orbicularis*, *G. Schultzii*, *G. trichophylla*, *Rhacomitrium sudeticum*, *Rh. heterostichum* (?), *Funaria dentata*, *Bartramia pomiformis*, *Bryum jailae*, *B. pallescens*, *Hedwigia ciliata*, *Orthotrichum cupulatum*, *Neckera mediterranea*, *Astomum Levieri*, *Phascum piliferum*. Es ist möglich, daß einige davon euryphotophil erscheinen werden.

Den Skiophyten ist der relative Lichtgenuß 1/3—1/30, und der absolute 400—100 eigen. Es sind: *Seligeria pusilla*, *Dicranum tauricum*, *Fissidens adiantoides*, *F. decipiens*, *Tortula mucronifolia*, *T. pulvinata*, *T. subulata*, *Encalypta contorta*, *Zygodon viridissimus*, *Orthotrichum affine*, *O. fastigiatum*, *O. leiocarpum*, *O. obtusifolium*, *O. pallens*, *O. pumilum*, *O. speciosum*, *O. stramineum*, *Plagiopus Oederi*, *Eurhynchium Schleicheri*, *Eu. striatulum*, *Eu. striatum*, *Rhabdoweisia fugax*, *Tortella caespitosa*, *T. inclinata*, *Barbula fallax*, *Schistidium alpicola* v. *rivulare*, *Bryum bimum*, *B. elegans* v. *intermedium*, *B. cirratum* v. *longicollum*, *B. inclinatum*, *Rhodobryum roseum*, *Mnia* (außer *M. cuspidatum* und *rostratum*), *Timmia bavaria* v. *salisburgensis* und v. *intermedia*, *Catharinea undulata*, *Pogonatum urnigerum*, *Polytrichum formosum*, *Fontinalis antipyretica*, *Leucodon sciuroides*, *Neckerae* (außer *mediterranea*), *Pterigynandrum filiforme*, *Anomodonta*, *Thuidium Philiberti*, *Th. recognitum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hypnum Schreberi*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptychodium tauricum*, *Scleropodium purum*, *Cirriphyllum velutinoides*, *C. Vaucheri*, *C. crassinervium*, *Climacium dendroides*, *Thamnium alopecurum*, *Isothecium myurum*, *Orthothecium intricatum*, *Pylaisia polyantha*, *Leskeela nervosa*, *Pseudoleskeelae*, *Pseudoleskea atrovirens*, *Amblystegium Sapèhini*, *Drepanocladus aduncus*, *Hygroamblystegium irriguum* (?), *Campylium protensum*, *C. Sommerfeldtii*, *Isopterygia*, *Brachythecium albicans*, *B. Mildeanum*, *B. populeum*, *B. rutabulum*, *Oxyrrhynchium Swartzii*. Es ist möglich, daß einige davon auch euryphotophil sind.

Euryphotophil nenne ich die Arten, welche sowohl im starken wie schwachen Lichte wachsen können. Ihr relativer Lichtgenuß ist 1—1/30, meistens aber 3/4—1/10; ihr absoluter Lichtgenuß ist 1200—100. Es sind alle übrigen Laubmoose der Krim (deren Liste auf S. 32 (18) und 33 (19) oben russ. A. gegeben ist).

Viele Moosarten existieren unter den äußersten Beleuchtungsbedingungen nur als besondere formae: xerophila (photophila) oder etiolata (s.

auch Schiffner l. c.). Die Wohnsitze der ersteren sind nicht nur in einer stärkeren Beleuchtung, sondern auch in einer erhöhten Trockenheit; die zweite befindet sich an den Plätzen, die sehr schwach beleuchtet sind (Lo ist $^1/_{30}$—$^1/_{300}$, und La —100—5); hierzu kommt noch oft die erhöhte Luft- und Substratsfeuchtigkeit. Als forma typica sah ich in der Krim bei Lo = $^1/_{300}$ nur *Gymnostomum calcareum* und *Timmia rosacea.* Formam xerophilam (auch photophilam) beobachtete ich an *Pterygoneurum cavifolium* (f. *crossidioides*), *Tortula muralis* (f. *incana*), *T. ruralis*, *Tortella tortuosa* (f. *fragilifolia*), *Bryum argenteum*, *Catharinea undulata* (f. *depauperata*), *Polytrichum juniperinum* (f. *nanum*), *Climacium dendroides, Ctenidium molluscum*, *Stereodon cupressiformis*, *Brachythecium velutinum* und *Homalothecium sericeum.* Formam etiolatam — bei *Tortella tortuosa*, *Encalypta contorta*, *Mniobryum albicans*, *Mnium serratum*, *M. stellare*, *Bryum capillare*, *Thamnium alopecurum*, *Stereodon cupressiformis*, *Oxyrrhynchium Swartzii.*

Forma xerophila (auch photophila) wird hauptsächlich durch Zwergwuchs, Dichtrasigkeit, genäherte und gedrängte Blätter, Entstehen oder Längerwerden der Haare usw. charakterisiert; forma etiolata dagegen durch Lockerrasigkeit, entfernte und verkleinerte Blätter usw. (Fig. 3 und 4).

Die Mehrheit der Laubmoose der offenen Plätze hat aufrecht-abstehende Blätter. Dadurch werden die stärksten Lichtstrahlen des Himmels fast vollständig zurückgeworfen und ins Innere der Blätter dringt nur das schwache, hauptsächlich zerstreute Licht. Dadurch ist die junge Stengelspitze vor der zerstörenden Wirkung der strahlenden Sonnenenergie geschützt. Die Moose, welche in voller Sonne wachsen, werden oft im Sommer braun oder schwarz. Die mikroskopische Untersuchung hat mir gezeigt, daß solches Schwarzwerden von der Rückseite der äußeren Blätter aus anfängt; dieser Prozeß geht oft weiter bis ins Innere der Sprosse. Dabei verdirbt der Zellinhalt der äußeren Blätter, indem er eine schwarze Färbung annimmt. Die schwarzen (resp. braunen) Blätter müssen das ganze einfallende Licht verschlingen und dadurch die inneren Teile des Sprosses ins Dunkel setzen. Ich setzte solche schwarz gewordenen Blätter auf Chlorsilberpapier, welches auch rotempfindlich war, und stellte es um Mittag den aufrecht fallenden Sonnenstrahlen aus. Nach einigen Minuten wurde das unbedeckte Silber vollständig zerlegt, jedoch blieben die Papierteile unter den Blättern auch nach einer Belichtung während 3—4 Stunden weiß. Hieraus schließe ich, daß die braunen und schwarzen Blätter die jungen Stengelspitzen vor der Sonne gut schützen. Demselben Zwecke dienen auch die Haare. Trocken sind sie büschelig gehäuft und müssen eine bedeutende Lichtzerstreuung hervorrufen. Dieselbe Bedeutung müssen auch die zahlreichen Sporogone haben, welche sehr lange mit Hauben bedeckt bleiben. Im besonderen Bau der Blätter der *Polytricha*, *Ptery-*

goneurum und *Crossidium* sehe ich eine Anpassung nicht nur an die Verminderung der Wasserverdampfung, sondern auch des starken Lichtes.

Die Umwandlung des direkten Sonnenlichtes in zerstreutes erreichen die Laubmoose mittels der Papillen, welche einfach (Fig. 17) oder gelappt (Fig. 18) sind. Das äußere Aussehen einer Papillenschicht gleicht der Oberfläche eines matten Glases. Direkte Sonnenstrahlen brechen sich darin auf die Weise, daß sie strahlig in zahlreichen abgesonderten Bündeln ins Zellinnere hineintreten. Ein Teil der Lichtstrahlen wird von der papillösen Blattoberfläche zurückgeworfen; außerdem ruft die geringe Größe der Papillen und ihrer Zwischenräume ohne Zweifel Diffraktion des Lichtes hervor. Alldem zufolge empfängt der Protoplast immer nur das geschwächte, zerstreute Licht. Solche Anpassung ist ganz begreiflich. Mehrere Physiologen haben gezeigt, daß die Kohlenstoffassimilation ihr Maximum schon etwa bei halber Stärke der Sonnenstrahlen erreicht, während die Wasserverdampfung auch weiter mit Erhöhung der Lichtstärke steigt. Darum ist das papillöse Blatt vor einer überflüssigen Wasserverdampfung geschützt, indem es wahrscheinlich auch das Maximum der Kohlenstoffassimilation erreicht.

Bei den skiophilen Laubmoosen finden wir Bildungen, die wahrscheinlich zum Lichtsammeln dienen. Einige von ihnen haben mit den Papillen über den Pfeilern bedeckte Blätter (Fig. 19c). Dadurch muß ein Teil der Lichtstrahlen, die von oben fallen und darum am stärksten sind, sich brechen und ins Zellinnere hineintreten. Ohne solche Papillen würden alle von oben kommenden Lichtstrahlen fast vollständig von der Blattoberfläche zurückgeworfen werden. Manche andere skiophile Laubmoose haben mamillöse Blätter, die senkrecht zum einfallenden Lichte stehen. Die in die Mamillen eintretenden Lichtstrahlen müssen, da das Medium dichter ist, sich konzentrieren.

Die Bedeutung der Papillen, Mamillen usw. wird noch mehr hervortreten, wenn man daran denkt, daß die Moose den Wasserdampf aufsaugen (23) und sogar in verwelktem Zustande die Assimilations- und Dissimilationsprozesse (wenn auch zu schwach) fortführen (7).

Wahrscheinlich wegen der besten Ausnutzung des Lichtes entwickeln sich die Laubmoose (der Krim) in drei Grundformen des Habitus: die aufrechtstehende[1]), die aufsteigende und die kriechende[2]) (Fig. 1—16). Einige der *Pleurocarpae* haben je nach den Bedingungen bald die kriechende, bald die aufsteigende Form. Von diesen Habitusformen der Laubmoose hängt hauptsächlich die Physiognomie der Assoziationen ab.

Im zu großen Schatten wächst das Moos als forma etiolata, und seine

1) Hierher gehören fast alle *Acrocarpae*.

2) Hierher gehören fast alle *Pleurocarpae*.

Blätter sind dabei senkrecht zu den Lichtstrahlen gerichtet. Dasselbe gilt auch von vielen typischen Formen (*Fissidens*, *Mnium* u. a. m.). Viele Laubmoose haben sichelförmige Blätter, die gewöhnlich mit ihren konvexen Seiten dem einseitigen Lichte zugekehrt sind. Jönsson (13) meint, daß dadurch die Stengelspitzen und die jungen Blätter geschützt sind. Indessen hat Němec (14) gezeigt, daß sich alle Blätter dem einseitigen Lichte entgegenbiegen. Němec betrachtet darum die Blätterkrümmung als eine Anpassung an die bessere Ausnutzung des Lichtes; solche Laubmoose wachsen sehr oft im schrägen Lichte, wo die stärkeren Strahlen im Laufe des Tages einige Richtungsschwankungen aufweisen: eine konvexe Oberfläche wird in diesem Falle das Licht besser ausnutzen, als eine flache.

Die Frage, ob die Moossporen in der Dunkelheit zu keimen vermögen, erregte die Beachtung vieler Forscher. Die ausführlichste Arbeit über diese Frage gab Treboux (15). Gegen Borodin (16, p. 432) und Schultz (17, p. 81) zeigte Treboux sehr klar, daß die Moossporen auch in der Dunkelheit und dabei nicht nur auf organischen Lösungen, wie es nach Goebel (18, p. 34) und Heald (19, p. 25) sein solle, sondern auch auf schwachen unorganischen und sogar auf destilliertem Wasser keimen. Dagegen interessierte die Frage über das Schicksal der Mooskeime, die in der Dunkelheit verblieben, niemand. Indessen kann man annehmen, daß letztere sehr schnell verderben müssen. Einige Versuche zeigten mir, daß die Stengelspitzen der Laubmoose im Dunkeln und zu schwachem Lichte absterben. Einen gleichen Erfolg erzielte auch Coesfeld (20, p. 190), der mit *Hylocomium splendens* operierte.

Das Substrat. Wie Oltmanns (l. c.) gezeigt hat, saugen die Laubmoose das Wasser nicht aus dem mäßig angefeuchteten Boden. Nur wenn der Boden übersättigt ist und das Wasser frei über ihm erscheint, kann man den Wasserstrom auch an den Moosstengeln beobachten. Deshalb hat die Bodenkapillarität eine besondere Bedeutung für die Laubmoose: die Größe der Bodenkörnchen ist für sie in dem Grade wichtig, als sie sich leichter oder schwieriger befestigen können. Die Befestigungsorgane der Moose sind die Rhizoiden. Die schönen Untersuchungen von Paul (1) haben gezeigt, daß die Laubmoose ihre Rhizoiden entsprechend der Befestigungsschwierigkeit ausbilden. Die längsten Rhizoiden haben die Sandbewohner, die kürzesten gehören den Lehmmoosen; an ein und derselben Art gibt es auch Übergänge. Die Eigenschaft, Rhizoiden von verschiedener Länge zu bilden, haben ziemlich wenige Moose; deshalb ist für viele Laubmoose die Bodenporosität ein geographischer Faktor.

Auch hat für viele Moose die chemische Zusammensetzung des Bodens eine große Bedeutung. Es gibt in der Krim folgende kalkmeidende Laubmoose: *Grimmia Schultzii*, *G. trichophylla*, *Rhacomitrium heterostichum*, *Rh. sudeticum*, *Hedwigia ciliata*, *Bartramia pomiformis*. Hierher gehören freilich auch manche *Orthotricha*, die nur Holzbewohner sind. Den

übergroßen Kalkgehalt der Gewässer in der Krim nehme ich als Ursache der Abwesenheit der Sphagna und ihrer Begleiter an. Wie Paul (9) gezeigt hat, verträgt das Torfmoos nur die geringsten Spuren von Kalk (s. auch 3, p. 78). Von den Laubmoosen, die nur auf einem kalkreichen Substrate wachsen können, finden sich in der Krim folgende: *Gymnostomum calcareum*, *Eucladium verticillatum*, *Didymodon tophaceus*, *Cratoneuron commutatum* (?).

Eine geographische Bedeutung hat auch der Reichtum des Bodens an Humus: viele Laubmoose können nur das humusreiche Substrat bewohnen (s. auch 27). Dies bestätigen auch die Untersuchungen von Garjeanne (10) bei manchen *Orthotricha*. Solche Moose brauchen wahrscheinlich die fertige organische Nahrung und sind also grüne Halbsaprophyten. Von diesen wachsen in der Krim: *Orthotrichum pallens*, *O. pumilum*, *O. fastigiatum*, *O. obtusifolium*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum Schreberi, Polytrichum formosum* (?).

Alle übrigen Laubmoose wachsen auch unter anderen Bedingungen, wobei sie aber diesen oder jenen den Vorzug geben; nur wenige Arten sind in bezug auf die Zusammensetzung des Substrats indifferent, z. B. *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Brachythecium velutinum* usw.

Der Wind. Die vergleichenden Untersuchungen von Paul (1), welche ich an den krimschen Laubmoosen wiederholt habe, zeigen, daß viele Moose in geschützten Stellen kurze und in den offenen lange, stärkere Rhizoiden bilden. Einige *Pleurocarpae* geschützter Orte, die da schwache Rhizoiden haben, wachsen auch auf offenen Plätzen, bilden aber dann ein starkes Rhizoidensystem. Solche Eigenschaft ist nicht allen Arten eigen, und in diesen Fällen kann der Wind die Bedeutung eines geographischen Faktors bekommen. Die Untersuchungen von Goebel (11) haben gezeigt, daß der Bau des Peristoms nur dann verständlich ist, wenn man es als eine Anpassung an ein langsames Sporenaussäen[1]) betrachtet. Dadurch sollen die Moose der offenen Plätze kurze Setae haben, die der Wind nur erzittern machen kann. In Wirklichkeit sind die Setae von Epiphyten und Epilithen kurz. Auch Garjeanne (l. c.) hat gefunden, daß die Sporen der *Orthotricha* sich durch Zittern aussäen, während das Peristom den Prozeß verlangsamt. Ich fand nicht selten an windgeschützten Stellen vorjährige Sporogone voll Sporen, während die Kapseln an offenen Plätzen leer waren.

Die Organismen. Viele Moose haben eigenartige Eigenschaften, welche man als Anpassungen an das Verhindern der schädlichen Einwirkung von Pilzen und kleinen Tieren betrachten kann. Die entsprechenden Untersuchungen von Czapek sind schon erwähnt. Nach meinen eigenen verschimmeln die photophilen Xerophyten in feuchter Luft. Junge Sporo-

1) Ja auch an Bewahrung der Kapsel vor dem Eindringen des Wassers.

gone werden durch die Hauben geschützt. So verdarben z. B. nach Untersuchungen von Zielinski (21, p. 41) die Sporogone, welche der Hauben beraubt wurden, infolge der Angriffe von Pilzen. Wie Stahl (22) gezeigt hat, fressen die Schnecken fast niemals die Moose, deren Blätter gezähnt (resp. gesägt) sind. Solche Blätter sind meistenteils den Hygro- und Skiophyten eigen: an entsprechenden Plätzen pflegen gewöhnlich auch die Schnecken zu leben.

Die Erscheinung des gegenseitigen Kompensierens der ökologischen Faktoren. Diese Erscheinung bemerkte ich, während ich die Verbreitung der krimschen euryphotophilen Laubmoose studierte. Die Beobachtungen haben mir gezeigt, daß manche skiophile Xerophyten auch photophile Hygrophyten sein können; im Gegenteil begegnen sich einige photophile Hygrophyten manchmal unter Bedingungen großer Trockenheit, aber nur im Schatten. Analog können manche Hydrophyten als skiophile Hygrophyten wachsen. Die Wirkung des starken Lichtes wird also durch den Überfluß an Wasser kompensiert, und eine kleine Menge des Wassers wird genügend unter den Bedingungen des schwachen Lichtes. Infolge des gegenseitigen Kompensierens der ökologischen Faktoren haben viele Laubmoosarten eine weite ökologische Amplitude. Die erwähnte Erscheinung beobachtete ich in der Krim an folgenden Arten: 1. Die Hygrophyten, welchen Verfasser manchmal als skiophile Xerophyten begegnete: *Fissidens taxifolius*, *Gymnostomum calcareum*, *Mniobryum albicans*, *Mnium affine*, *M. cuspidatum*, *M. undulatum*, *Amblystegium varium*, *Webera nutans* (?). 2. Die Hydrophyten, welche auch skiophile Hygrophyten sein können: *Hygroamblystegia*, *Cratoneuron commutatum*, *Brachythecium rivulare*. 3. Die skiophilen Xerophyten, welche auch wie photophile Hygrophyten wachsen: *Tortula subulata*, *Rhodobryum roseum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Oxyrrhynchium Swartzii*, *Astomum crispum* (?).

Der Kampf ums Dasein. Ich beobachtete in der Krim folgende Fälle:

I. Fälle der katastrophalen Elimination. Im Buchenwalde bei Usenbasch fand ich im Jahre 1907 am zwei Bächen *Mnium stellare*, *M. punctatum*, *M. hornum*, *M. orthorrhynchum*, *Rhodobryum roseum*, *Eurhynchium striatum*, *Funaria hygrometrica*, *Cratoneuron commutatum* und *Fissidens taxifolius*. Zwei Jahre später wurde der die Bäche umgebende Wald ausgehauen; es blieben jetzt nur *Funaria*, *Cratoneuron* und *Fissidens* übrig. Die hauptsächliche Folge des Waldaushauens war die erhöhte Beleuchtung der Moose — und dadurch wurden alle Skiophyten vernichtet. Die folgenden Fälle zeigen die mittleren Stadien des beschriebenen Prozesses. Im alten Buchenwalde der Awundaschlucht sind die horizontalen und schwach geneigten Plätze mit großen Moosteppichen bedeckt. Ein Teil des Waldes wurde ausgehauen und ein Jahr später waren *Mnium undulatum*, *Tortula subulata* und *Encalypta contorta* ganz ver-

nichtet; *Homalothecium philippeanum*, *Isothecium myurum* und *Thuidium recognitum* waren gebräunt oder bedeutend zerstört; *Hylocomium splendens*, *Scleropodium purum* und *Rhytidiadelphus triquetrus* zeigten schwache (aber merkbare) Spuren der beginnenden Zerstörung; *Tortella tortuosa* war in die Form »*fragilifolia*« umgestaltet; nur *Ctenidium molluscum*, *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Dicranum scoparium*, *Brachythecium velutinum*, *B. salebrosum* und *Thuidium abietinum* fühlten sich dem Anscheine nach ganz wohl. In diesem Falle veränderte sich hauptsächlich der Lichtgenuß: vor dem Aushauen war er $^1/_5$—$^1/_9$, nach dem aber $^1/_2$—$^3/_4$. Die erhöhte Lichtintensität mußte das vollendete oder beginnende Verderben der Schattenpflanzen verursacht haben. Noch einen ganz ähnlichen Fall beobachtete ich im Angarawalde.

II. Fälle des Interspezialkampfes. In allen diesen Fällen kämpften unter sich die kriechende oder aufsteigende Form und die aufrechtstehende. Am feuchten schattigen Ufer in der Pissaraschlucht begegnete ich Sporogonen von *Funaria hygrometrica*, die aus einem Rasen von *Hygroamblystegium filicinum* hervorragten. Eine ausführliche Analyse hat mir gezeigt, daß beide Arten sich nebeneinander zu entwickeln angefangen hatten, die letzte aber, als kriechende, hatte schnell die nächsten Stengel von *Funaria* bedeckt und sich über ihrem ganzen Rasen nach und nach verbreitet. Ihren entferntesten Rand hatte *Hygroamblystegium* am wahrscheinlichsten erst zu der Zeit erreicht, als sich da schon junge Sporogone ausgebildet hatten. Zu diesem Schlusse haben mich folgende Data geführt. Die Sporogone waren nur an demjenigen Rande des *Funaria*rasens, der mit dem jungen Rande des *Hygroamblystegium*rasens bedeckt war; die Stengel von *Funaria*, welche von diesem Rande am weitesten entfernt waren, fingen sich nur zu entwickeln an; die mittleren Stengel derselben hatten halbentwickelte Geschlechtsorgane; der ganze *Funaria*rasen wies deutlich den Zerstörungsprozeß auf. *Hygroamblystegium* wurde hier darum Sieger, weil es den kriechenden Wuchs hat. Über den ganzen Rasen von *Funaria* ausgebreitet, verminderte *Hygroamblystegium* bedeutend ihren Lichtgenuß und setzte sie sozusagen unter Wasser: das Resultat war der Untergang der *Funaria*.

Ganz analoge Fälle beobachtete ich noch an 4 Orten. In der Awundaschlucht sah ich einen komplizierteren Fall. In einer Felsenspalte wuchs ein Rasen von *Brachythecium velutinum*, der mit zahlreichen Stengeln von *Encalypta* durchwachsen war. Die Rasenanalyse hat mir folgendes gezeigt: Die untere Hälfte der Stengel von *Encalypta*, welche unter dem *Brachythecium* war und eine braune Farbe angenommen hatte, sah im übrigen normal aus. Der dem *Brachythecium* nächste Teil der Stengel war etioliert; das war auch in dem Teile derselben, welcher die *Brachythecium*schicht durchdrang. Höher gingen wieder normalaussehende Stengelteile. Alles dieses gibt mir Recht zu folgendem Bilde: der Rasen von

Encalypta wurde von dem kriechenden *Brachythecium* bedeckt, welches ihn bedeutend beschattete; aber durch das Etiolieren fingen die Stengel von *Encalypta* an schneller zu wachsen und die Spitzen derselben erschienen bald über dem dünnen Rasen des Gegners; auf diese Weise bekam *Encalypta* ihren ehemaligen Lichtgenuß wieder und fuhr jetzt fort, sich normal zu entwickeln.

B. Assoziationen.

Den Begriffen »Assoziation«, »Formation« usw. gebe ich dieselbe Bedeutung, wie die Autoren der »Phytogeographischen Nomenklatur« (C. Flahault et C. Schröter, Zürich, 1910). Und zwar ist die Assoziation die Grundeinheit der ökologischen Phytogeographie und bestimmt sich durch die Gesamtliste der Arten floristisch und durch die Gesamtortsbedingungen und durch eigene Physiognomie ökologisch. Die Subassoziation charakterisiert sich durch einen besonderen floristischen rein zufälligen Unterschied. Die Formation ist schon eine Abstraktion und stellt den gegenwärtigen Ausdruck bestimmter Lebensbedingungen dar. Das ist ein rein ökologischer Begriff, worauf die floristische Zusammensetzung keinen Bezug hat. Deshalb ist der Begriff der »Assoziation« dem der »Formation« untergeordnet. Durch private Unterschiede der ökologischen Bedingungen teilt sich die Formation in die Subformationen ein. Außerdem unterscheide ich noch ungeteilte und geteilte (topographisch) Assoziationen. Die Glieder der ersteren sind alle zusammenhängend; die geteilte Assoziation ist dagegen in einzelne Teile getrennt, die sich überall oder stellenweise über die entsprechenden Stufen usw. verbreiten und aus einigen oder vielen Gliedern der gegebenen Assoziation in allerlei Vereinigungen bestehen.

Die Assoziationen von xerophilen Laubmoosen[1]).

Die Formation der Photophyten auf kahlen Teilen der Felsen und Steine.

Ökologische Bedingungen. Ein unbedeutender Wassergenuß und hoher Lichtgenuß ($1—^1/_2$); bedeutende Schwankungen der Luftfeuchtigkeit; die Abwesenheit eines äußeren Schutzes vor heftigen Winden; hohe Temperaturen des Substrats im Sommer (bis 70° und höher); anfängliche Abwesenheit der Bodens. Anpassungen. Alle Arten sind dichtrasig und niedrig. Die Internodien sind kurz und die Blätter dicht aneinander gelegt. Die Blätter der meisten Arten sind dicht papillös, behaart, konkav, kielig, aufrechtabstehend und klein. Die Rasen haben im Sommer eine braune Farbe verschiedener Abstufung. Setae sind kurz und bleiben dauernd auf dem Stengel. Die Rhizoiden fast aller Arten bilden die Haft-

1) In den Spezieslisten der Assoz. sind die ± gewöhnlichen Arten an den Anfang und die ± seltenen ans Ende gestellt.

scheibe, womit die aufrechtstehenden Formen sich sogar an schwachrauhen Stellen anheften können. Die nur abgesonderte Rhizoidenbündel entwickelnden kriechenden Formen wachsen hauptsächlich in allerlei Vertiefungen.

1. Jailaer Assoz. Geteilt, mit gewöhnlich lichten[1]) Teilen. — *Orthotrichum anomalum*, *Schistidium apocarpum*, *Homalothecium sericeum* (f. photophil.) und *Stereodon cupressiformis* (f. phot.). Die Armut der Assoz. hängt vielleicht von der energischen Verwitterung, zu starken Beleuchtung und den heftigen Winden ab.

2. Assoz. der übrigen Stufen. Geteilt, aber mit oft geschlossenen[2]) Teilen. 2a. Subassoz. der Kalkmoose mittl. Stufen: *Schistidium apocarpum, Orthotrichum anomalum*, *Homalothecium sericeum* (f. phot.), *Stereodon cupressiformis* (f. phot.), *Grimmia pulvinata*, *Tortula ruralis*, *T. muralis, Grimmia anodon*, *G. orbicularis*, *Schistidium confertum*, *Orthotrichum cupulatum*, *Brachythecium velutinum*. 2b. Subassoz. der Südküste ist durch die Anwesenheit der *Tortula montana* charakterisiert und 2c: kalkmeidende Subassoz. durch die Anwesenheit von *Hedwigia ciliata*, *Rhacomitrium sudeticum* und *Grimmia Schultzii*. Die letzte soll in anderen Ländern eine besondere Assoz. bilden.

Die Formation der Skiophyten an denselben Orten.

Ökologische Bedingungen. Die Wassereinfuhr ist gering, aber das Wasser verdampft viel langsamer, als im vorigen Falle. Der Lichtgenuß ist nicht groß ($^1/_3 - ^1/_{20}$). Die Luft ist meistenteils still und die Feuchtigkeitsschwankungen bedeutend schwächer als im vorigen Falle. Die Substratstemperatur ist mäßig und zeigt keine zu großen Schwankungen. Anpassungen. Die kriechenden Formen sind überwiegend und am häufigsten. Die Moose wachsen an rauhen oder mit Korkflechten bedeckten Stellen und heften sich mit Hilfe der Rhizoidbündel an. Der Wasserhaltung dienen die Kapillare; nur eine geringe Zahl dabei meistenteils zufälliger Arten hat papillöse Blätter. Viele Arten haben größere Blätter, als die Glieder voriger Formation, und sind oft konvex- oder faltenblättrig. Alle Assoziationen sind geteilt, aber ihre Glieder sind gewöhnlich geschlossen.

3. Jailaer Assoz. ist fast ausschließlich den Wänden in allerlei Vertiefungen eigen. — *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Ctenidium molluscum*, *Anomodon viticulosus*, *Brachythecium velutinum*, *Pseudoleskea atrovirens*, *Neckera Besseri*, *Pseudoleskeela catenulata*.

4. Assoz. der Kiefernwälder: *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis, Anomodon viticulosus*, *A. longifolius*, *Schistidium apocarpum*, *Orthotrichum anomalum*, *Leucodon sciuroides, Pseudoleskeela tectorum*.

1) D. h. mit zerstreut gestellten Gliedern.

2) D. h. mit dicht gestellten Gliedern.

5. Assoz. der Eichenwälder. 5a: Gewöhnliche Subassoz.: *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Anomodon viticulosus*, *Neckera crispa*, *Brachythecium velutinum*, *Leucodon sciuroides*, *Pylaisia polyantha*, *Pterigynandrum filiforme*, *Tortula ruralis*, *Campylium Sommerfeldtii*, *Schistidium apocarpum*, *Orthotrichum anomalum*, *Trichostomum crispulum*. 5b. Subassoz. der Ajudag und Kastel ist durch die Anwesenheit von *Antitrichia curtipendula* und *Neckera pennata* charakterisiert.

6. Assoz. der Buchenwälder: *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Anomodon viticulosus*, *Ctenidium molluscum*, *Brachythecium velutinum*, *Pseudoleskea atrovirens*, *Orthotrichum anomalum*, *Leskeela nervosa*, *Schistidium confertum*, *Leucodon sciuroides*, *Neckera crispa*, *Pylaisia polyantha*, *Anomodon attenuatus*, *A. longifolius*, *Pterigynandrum filiforme*, *Neckera complanata*, *N. Besseri*, *Bryum capillare*, *B. caespiticium*, *Tortula ruralis*, *T. subulata*, *Pseudoleskeela catenulata*, *Campylium Sommerfeldii*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptychodium tauricum*.

7. Assoz. der Südküste: *Tortella tortuosa*, *Scorpiurium circinatum*, *Neckera Besseri*, *N. complanata*, *Orthotrichum affine*, *Anomodon viticulosus*.

Die Formation der Epiphyten.

Ökologische Bedingungen. Der Wassergenuß ist gering, der Lichtgenuß mäßig ($^1/_2$—$^1/_{10}$). Die Schwankungen der Temperatur und der Feuchtigkeit sind nicht sehr bedeutend. Es gibt faulende organische Stoffe. Anpassungen. Die bedeutende Zahl der herrschenden Arten gehört der aufrechtstehenden oder der aufsteigenden Form an; die zufälligen Arten sind fast ausschließlich kriechende. Die Mehrheit der Glieder wächst in der Form von dichten Rasen verschiedener Größe. Die Blätter sind oft ziemlich groß, papillös und dicht gestellt. Die Rhizoiden der aufrechtstehenden und der aufsteigenden Form bilden die Haftscheibe, die der kriechenden sind als Bündel zusammengesetzt.

8. Assoz. der Buchenwälder: *Orthotrichum affine*, *O. leiocarpum*, *O. anomalum*, *O. obtusifolium*, *O. pumilum*, *O. fastigiatum*, *O. pallens*, *Leucodon sciuroides*, *Leskeela nervosa*, *Anomodon viticulosus*, *A. attenuatus*, *A. longifolius*, *Pterigynandrum filiforme*, *Brachythecium velutinum*, *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Pylaisia polyantha*, *Pseudoleskea atrovirens*.

9. Assoz. der Eichenwälder: *Orthotrichum affine*, *Leucodon sciuroides*, *Anomodon viticulosus*, *Leskeela nervosa*, *Pterigynandrum filiforme*, *Brachythecium velutinum*, *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*. Dem Überwiegen der kriechenden Arten hilft vielleicht die starkgespaltene Rinde.

10. Assoz. der Kiefernwälder: *Orthotrichum affine*, *Leucodon*

sciuroides, Brachythecium velutinum, Stereodon cupressiformis. Die Armut an Arten, welchen man außerdem sehr selten begegnet, ist wahrscheinlich die Folge des Mangels an faulenden organischen Stoffen und des häufigen Abfallens der Rindenteilchen.

11. Assoz. der Südküste: *Orthotrichum affine, O. anomalum, O. fastigiatum, Grimmia pulvinata, Orthotrichum diaphanum, O. obtusifolium, Leucodon sciuroides.* Diese Assoziation, welche einen Übergang zu den photophilen Epilithen bildet, hat den größten Lichtgenuß in der gegebenen Formation.

Die Formation der bodenbewohnenden Laubmoose.

Ökologische Bedingungen. Der Wassergenuß ist klein. Die Standorte sind fast immer vor den heftigen Winden geschützt und horizontal oder ± geneigt, aber niemals senkrecht gerichtet. Der Boden enthält immer Humus, auch in den anfänglichen Stadien der Assoziationentwicklung. Die Luftfeuchtigkeit ist großen Schwankungen unterworfen. Anpassungen. Verschiedene Arten fordern verschiedene Mengen Humus, einige jedoch wachsen nur an humusreichen Stellen. Die Rhizoiden sind gewöhnlich schwach ausgebildet oder entwickeln sich gar nicht. Nur einige Arten haben Haare. Die Formation ist aus allen Grundformen des Habitus zusammengesetzt, aber in den einzelnen Assoziationen überwiegt gewöhnlich nur eine.

I. Subformation: 12. Assoz. der Nordseite von Čatyrdag. Der Lichtgenuß ist $1/2$—$1/5$. Der Schnee hält sich im Frühling lange. Alle Arten gehören zu der aufrechtstehenden Form, außer einer kriechenden. Die Blätter sind in feuchtem Zustande abstehend, in trockenem anliegend und verschiedenartig gebogen. Es gibt auch papillöse und mamillöse Blätter. Es ist wahrscheinlich eine Absplitterung einer mittelmeerländischen Formation. — *Tortella tortuosa, Distichum capillaceum, Timmia bavarica v. salisburgensis, Tortella caespitosa, Plagiorus Oederi, Funaria dentata, Thuidium abietinum.*

Subformation der Felsenspaltenmoose. Der Lichtgenuß wird manchmal bis $3/4$ erreicht. Es überwiegt die aufrechtstehende Form. Die Rasen sind dicht. Etwa die Hälfte der Arten hat (in feuchtem Zustande) aufrecht abstehende Blätter. Die Assoziationen sind geteilt und die Teile geschlossen.

13. Waldassoz. offener Felsen: 13a. Kalksuchende Subassoz.: *Tortella tortuosa, Bryum capillare, Brachythecium velutinum, Dicranum scoparium, Distichum capillaceum, Homalothecium sericeum, Stereodon cupressiformis, Ctenidium molluscum, Tortula ruralis, Bryum cuspidatum, B. caespiticium.* 13b. Kalkmeidende Subassoz. Hier ist die Anwesenheit von *Distichium capillaceum* und die Anwesenheit von *Bartramia pomiformis* charakteristisch.

14. Gewöhnliche Waldassoz. Der Lichtgenuß $^1/_3$—$^1/_{30}$. Es herrscht die aufrechtstehende und teilweise die aufsteigende Form. Es gibt nur einige Arten mit papillösen Blättern; es begegnen sich auch großblättrige Arten. 14a: Buchensubassoz.: *Tortella tortuosa, Bryum capillare, Brachythecium velutinum, Tortula subulata, Encalypta contorta, Dicranum scoparium, Homalothecium sericeum, Stereodon cupressiformis, Ctenidium molluscum, Tortella inclinata, Homalothecium philippeanum, Tortula mucronifolia, Rhodobryum roseum, Weisia viridula, Barbula vinealis, Camptothecium lutescens, Bryum argenteum, B. inclinatum, B. caespiticium, B. badium.* 14b.: Subassoz. der Eichen- und Kiefernwälder ist durch die Abwesenheit von *Homalothecium philippeanum, Rhodobryum roseum, Barbula vinealis, Tortula mucronifolia, Bryum inclinatum, Camptothecium lutescens* (?) charakterisiert.

15. Jailaer Assoz. Der Lichtgenuß ist groß (manchmal bis 1). Die Assoziation bewohnt die Gräben und Vertiefungen, wo der Schnee lange liegt und der Boden in den Spalten infolge der häufigen Niederschläge und einer großen Luftfeuchtigkeit nur ziemlich selten trocken ist. Es herrscht die aufrechtstehende und die aufsteigende Form; die kriechende ist nur durch zwei Arten dargestellt. Es gibt papillöse und haartragende, aber auch mamillöse und große Blätter. *Tortella tortuosa, Bryum capillare, Homalothecium sericeum, Dicranum scoparium, Distichium capillaceum, Homalothecium philippeanum, Stereodon cupressiformis, Ctenidium molluscum, Polytrichum juniperinum, Thuidium abietinum, Didymodon rubellus, Webera cruda, Camptothecium lutescens, Tortula subulata, Encalypta rhabdocarpa v. leptodon, E. contorta, Tortella inclinata; Weisia viridula, Timmia bavarica v. salisburgensis, Tortula ruralis, Campylium chrysophyllum, Bryum argenteum, B. cuspidatum, B. caespiticium, B. badium, Mnium undulatum, Anomodon viticulosus, Tortula aciphylla, Barbula unguiculata, Bryum torquescens, Rhytidiadelphus triquetrus, Brachythecium salebrosum, Myurella julacea, Hylocomium splendens, Bryum jailae.*

16. Assoz. der Südküste ist fast ausschließlich aus der aufrechtstehenden Form zusammengesetzt, fast alle Arten haben papillöse Blätter, die sich in trockenem Zustande kräuseln. — *Tortula montana, Bryum torquescens, B. capillare* (macr.), *Tortella tortuosa, Crossidium squamigerum, Stereodon cupressiformis, Hymenostomum crispatum, Trichostomum viridulum, Tortella inclinata.*

Die Subformation der Laubmoose, welche horizontale und leicht geneigte Waldstellen bewohnen. Das Wasser wird andauernder als bei verwandten Assoziationen festgehalten; das Substrat ist gewöhnlich sehr humusreich. Es herrscht die aufsteigende Form; die aufrechtstehende gibt ihr bedeutend nach; die kriechende ist nur durch einige Arten dargestellt, von denen man oft nur zwei begegnet. Die Mehrheit

der Arten hat Blätter, welche in feuchtem Zustande aufrecht abstehend und in trockenem anliegend sind. Die Rasen sind ziemlich locker. Dies sind geschlossene Assoziationen mit geschlossenen Teilen.

17. Assoz. der oberen Berghälfte. 17a.: Subassoz. der Čučelumgebung: *Rhytidiadelphus triquetrus, Dicranum scoparium, Thuidium abietinum, Th. recognitum, Brachythecium velutinum, Stereodon cupressiformis, Hylocomium splendens, Homalothecium sericeum, Hypnum Schreberi, Isothecium myurum, Rhytidium rugosum, Catharinea undulata, Polytrichum juniperinum, P. formosum, P. piliferum, Rhacomitrium canescens, Mnium spinosum, M. undulatum, Encalypta contorta, Tortella tortuosa, Brachythecium salebrosum, B. albicans, Camptothecium lutescens, Ceratodon purpureus, Homalothecium philippeanum, Tortula ruralis.* 17b.: Subassoz. der Kieferninseln ist durch die prächtige Entwicklung von *Hypnum Schreberi, Rhacomitrium canescens* und *Dicranum scoparium* charakterisiert; es fehlt *Homalothecium philippeanum.* 17c.: Subassoz. der Demerdřiwälder. Charakteristisch ist die Anwesenheit von *Climacium dendroides* und *Distichium capillaceum,* und die Abwesenheit von *Hypnum Schreberi, Rhacomitrium canescens* und *Rhytidium rugosum.* 17d.: Subassoz. des Jamantašwaldes wird durch Anwesenheit von *Thuidium Philiberti* und *Pogonatum urnigerum* und Abwesenheit derselben Arten wie bei der vorigen Subassoz. charakterisiert.

18. Assoz. der Eichengebüsche: *Dicranum scoparium, Thuidium abietinum, Homalothecium sericeum, Stereodon cupressiformis, Polytrichum juniperinum, P. piliferum, Rhacomitrium canescens, Rhytidiadelphus triquetrus, Thuidium recognitum, Brachythecium velutinum, B. salebrosum, Ceratodon purpureus.*

19. Assoz. der Kieferninseln des Kermanwaldes: *Rhytidiadelphus triquetrus, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Thuidium abietinum, Th. recognitum, Hypnum Schreberi, Mnium cuspidatum, Brachythecium velutinum, Stereodon cupressiformis, Homalothecium sericeum, Isothecium myurum.*

20. Assoz. des Kastoplwaldes: *Rhytidiadelphus triquetrus, Dicranum scoparium, Hylocomium splendens, Thuidium abietinum, Th. recognitum, Brachythecium velutinum, Stereodon cupressiformis, Homalothecium sericeum, H. philippeanum, Isothecium myurum, Brachythecium salebrosum, Mnium undulatum, Scleropodium purum, Tortella tortuosa, Encalypta contorta.*

Die Subformation der gewöhnlichen Assoz. von Bodenmoosen. 21. Assoz. der Laubwälder ist gewöhnlich geteilt, mit lichten Teilen. Alle Grundformen sind im allgemeinen gleichmäßig vertreten. Der Lichtgenuß ist $^1/_3$—$^1/_{30}$. Es gibt nur einige Arten mit papillösen Blättern. Man begegnet auch großblättrigen Formen. 21a.: Subassoz. der Buchenwälder *Homalothecium sericeum, H. philippeanum, Brachythecium*

salebrosum, *B. velutinum*, *B. rutabulum*, *B. Philiberti*, *Stereodon cupressiformis*, *Dicranum scoparium*, *Bryum capillare*, *Tortella tortuosa*, *Tortula subulata*, *T. ruralis*, *Catharinea undulata*, *Rhytidium rugosum*, *Barbula unguiculata*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Campylium Sommerfeldtii*, *Encalypta contorta*, *Amblystegium serpens*, *A. varium*, *Hylocomium splendens*, *Bryum badium*, *B. argenteum*, *B. cuspidatum*, *Barbula convoluta*, *Mnium undulatum*, *M. affine*, *Scleropodium purum*, *Ceratodon purpureus*. 21b.: Die Subassoz. der Eichenwälder unterscheidet sich durch die Abwesenheit von *Homalothecium philippeanum*, *Encalypta contorta*, *Rhytidium rugosum*, *Tortula subulata* und *Mnium affine*.

22. Assoz. der Eichengebüsche: *Homalothecium sericeum*, *Stereodon cupressiformis*, *Brachythecium velutinum*, *Thuidium abietinum*, *Bryum capillare*.

23. Assoz. der Südküste: *Stereodon cupressiformis*, *Tortella caespitosa*, *Homalothecium sericeum*, *Weisia viridula*, *Ceratodon purpureus*, *Bryum capillare*, *B. argenteum*, *B. torquescens*, *B. cuspidatum*, *Barbula convoluta*, *B. unguiculata*, *Tortula subulata*, *Brachythecium velutinum*, *Thuidium abietinum*, *Scorpiurium circinatum*, *Rhynchostegium megapolitanum v. meridionale*.

24. Assoz. der Kiefernwälder ist auch geteilt, doch sind ihre Teile ziemlich oft geschlossen. — *Stereodon cupressiformis*, *Homalothecium sericeum*, *Dicranum scoparium*, *Thuidium abietinum*, *Brachythecium velutinum*, *Bryum capillare*, *Isothecium myurum*, *Ceratodon purpureus*, *Tortella tortuosa*, *T. caespitosa*, *Weisia viridula*, *Rhytidium rugosum*, *Tortula mucronifolia*, *Scleropodium purum*, *Hymenostomum microstomum*, *Mnium spinosum*, *Ctenidium molluscum*, *Encalypta contorta*.

Die Subformation der Moose, die mit Boden bedeckten Felsen besiedeln. 25. Assoz der Südküste. Sie ist geteilt. — *Tortula montana*, *Bryum cuspidatum*, *B. capillare* (macr. und mer.), *Scorpiurium circinatum*, *Tortella tortuosa*, *Stereodon cupressiformis*, *Pterygoneurum cavifolium*, *Zygodon viridissimus*, *Drepanocladus aduncus* (grac.), *Funaria hygrometrica*, *Eurhynchium meridionale*.

26. Assoz. der Buchenwälder ist geteilt, aber die Teile sind geschlossen. Es überwiegt die aufsteigende und die aufrechtstehende Form. — *Homalothecium sericeum*, *H. philippeanum*, *Stereodon cupressiformis*, *Brachythecium velutinum*, *B. salebrosum*, *B. albicans*, *Ctenidium molluscum*, *Bryum badium*, *B. caespiticium*, *B. argenteum*, *B. capillare*, *Tortella tortuosa*, *Isothecium myurum*, *Dicranum scoparium*, *Thuidium recognitum*, *Th. abietinum*, *Barbula unguiculata*, *Encalypta contorta*, *Tortula subulata*, *Anomodon viticulosus*, *A. attenuatus*, *Hylocomium splendens*, *Tortula ruralis*.

27. Assoz. der Eichenwälder. Geteilt, mit gewöhnlich geschlossenen

Teilen. Es überwiegen dieselben Formen. — *Homalothecium sericeum, Stereodon cupressiformis, Brachythecium velutinum, B. salebrosum, Ctenidium molluscum, Tortella tortuosa, Tortula subulata, Bryum capillare, B. argenteum, Isothecium myurum, Barbula unguiculata.*

28. Assoz. der Kiefernwälder ist geteilt, doch mit geschlossenen Teilen. — *Stereodon cupressiformis, Homalothecium sericeum, Brachythecium velutinum, Tortella tortuosa, Ctenidium molluscum, Dicranum scoparium, Barbula unguiculata, Tortella caespitosa, Bryum capillare, B. badium, B. argenteum, Tortula mucronifolia, Cirriphyllum crassinervium.*

Die Südküstensubformation der Moose, die auf offenen Plätzen wachsen. Die einzige hierher gehörende 29. Assoziation ist ausschließlich aus der aufrechtstehenden Form zusammengesetzt. Die Mehrheit der Arten brennt während des Sommers vollkommen aus; die übrigen werden braun oder gelb und drehen sich verschiedenartig zusammen. — *Barbula vinealis, Pleurochaete squarrosa, Pottia lanceolata, P. intermedia, Tortula ruralis, Pterygoneurum cavifolium, Hymenostomum crispatum, Astomum Levieri, Dicranella varia, Phascum piliferum.*

Die Subformation der Moose, die auf der Stammbasis (am unteren Teile des Stammes, auf Wurzeln, auf abfallender Rinde) wachsen. Es sind geteilte Assoziationen mit immer geschlossenen Teilen. Die Grundformen sind gleichmäßig dargestellt. Der Lichtgenuß beträgt $^1/_3$—$^1/_{30}$. Es gibt nur einige Arten mit papillösen Blättern.

30. Assoz. der Buchenwälder: *Homalothecium sericeum, Brachythecium velutinum, Bryum capillare, Leucodon sciuroides, Pterigynandrum filiforme, Anomodon viticulosus, A. attenuatus, Stereodon cupressiformis, Dicranum scoparium, D. tauricum, Brachythecium salebrosum, Tortella tortuosa, Pylaisia polyantha, Campylium Sommerfeldti, Leskeela nervosa, Homalothecium philippeanum, Isothecium myurum, Tortula ruralis, Brachythecium albicans, B. populeum, Encalypta contorta, Campylium chrysophyllum, Amblystegium serpens, Bryum badium, B. caespiticium, Isopterygium silesiacum, Tortula mucronifolia, Ceratodon purpureus, Mnium undulatum, M. affine.*

31. Assoz. der Eichenwälder: *Homalothecium sericeum, Stereodon cupressiformis, Dicranum scoparium, Bryum capillare, Brachythecium velutinum, B. salebrosum, Leucodon sciuroides, Amblystegium serpens, Anomodon viticulosus, Tortula ruralis, Campylium Sommerfeldtii, Dicranum tauricum, Pylaisia polyantha, Leskeela nervosa.*

32. Assoz. der Eichengebüsche des Ajudag und Kastel: *Stereodon cupressiformis, Antitrichia curtipendula, Homalothecium sericeum, Scleropodium purum, Dicranum scoparium, Catharinea undulata, Isothecium myurum, Pterigynandrum filiforme, Neckera pennata, N. complanata.*

33. Assoz. der Kiefernwälder: *Stereodon cupressiformis, Bryum capillare, Homalothecium sericeum, Isothecium myurum, Brachythecium velutinum, Dicranum tauricum, Ctenidium molluscum, Isopterygium silesiacum, Tortella tortuosa, T. caespitosa, Bryum badium, B. argenteum, Neckera pennata, Rhytidium rugosum, Hylocomium splendens, Encalypta contorta, E. vulgaris, Astomum crispum.*

34. Assoz. der Südküste: *Stereodon cupressiformis, Homalothecium sericeum, Scorpiurium circinatum, Tortella caespitosa, Brachythecium velutinum, Tortula montana, T. muralis, Bryum capillare, Grimmia pulvinata.*

Assoziationen der Hygrophyten.

Die Hygrophytenformation.

Ökologische Bedingungen. Die allgemeine Grundbedingung ist eine große und beständige Feuchtigkeit des Substrates und der Luft. Die Größe des Lichtgenusses spielt wahrscheinlich keine besondere Rolle; im allgemeinen ist er nicht groß und überschreitet nur in außergewöhnlichen Fällen $^1/_2$. Anpassungen. Es überwiegt die aufrechtstehende und die aufsteigende Form. Die Rasen sind locker. Die Blätter der Mehrzahl der Arten sind zweizeilig und locker gestellt und schwierig benetzbar. Die Zellwände enthalten Sphagnol. Sehr viele Arten haben Blätter, die große und feste Zähnchen tragen.

Jailaer Subformation. Sie wächst an feuchten Wänden und auf dem Boden der Gräben. Der Lichtgenuß ist sehr klein ($^1/_{10}$—$^1/_{30}$).

35. Assoz. zu Ai-Petri ist geteilt und mit geschlossenen Teilen. — *Fissidens taxifolius, F. decipiens, F. bryoides, Oxyrrhynchium Swartzii, Mnium stellare, M. undulatum, M. punctatum, M. cuspidatum, M. rostratum, M. serratum, Brachythecium rivulare, B. Mildeanum, Thamnium alopecurum, Bryum capillare, B. cuspidatum, B. badium, Seligeria pusilla, Didymodon rubellus v. intermedius, Dicranella varia, Camptothecium lutescens, Orthothecium intricatum.*

36. Assoz. der Busulukhöhlung ist ungeteilt und geschlossen. — *Oxyrrhynchium Swartzii, Mnium serratum, Timmia bavarica v. intermedia, Brachythecium rivulare, Didymodon rubellus v. intermedius, Gymnostomum calcareum, Orthothecium intricatum.*

37. Assoz. von Čatyrdag ist geteilt und mit geschlossenen Teilen. — *Mnium undulatum, Fissidens decipiens, Oxyrrhynchium Swartzii, Camptothecium lutescens, Thamnium alopecurum, Tortula subulata.*

38. Assoz. der Terpihöhlung ist ungeteilt und geschlossen. — *Mnium undulatum, M. punctatum, Fissidens decipiens, Thamnium alopecurum, Brachythecium rivulare.*

39. Assoz. der Jografhöhlung ist ungeteilt und licht. Der Lichtgenuß ist $^1/_{100}$—$^1/_{300}$. — *Timmia rosacea, Gymnostomum calcareum,*

Fissidens taxifolius, F. bryoides, Mnium stellare, Orthothecium intricatum, Isopterygium depressum.

Die Waldsubformation auf dem Erdboden ist fast ausschließlich Quellen verschiedener Größe eigen. Der Lichtgenuß ist gewöhnlich $^1/_3$—$^1/_{30}$. Es sind geteilte Assoziationen mit geschlossenen Teilen.

40. Assoz. der Buchenwälder: *Mnium undulatum, M. stellare, M. punctatum, M. serratum, M. spinosum, M. affine, M. cuspidatum, Bryum cuspidatum, B. capillare, B. cirrhatum, B. bimum, B. pallens, B. turbinatum, B. badium, Funaria hygrometrica, Mniobryum albicans, Fissidens taxifolius, Barbula unguiculata, Eurhynchium striatum, Brachythecium Mildeanum, B. rivulare, Webera nutans, Dicranella rufescens, D. varia, Oxyrrhynchium Swartzii, Hygroamblystegium filicinum, Rhabdoweisia fugax.*

41. Assoz. der Eichenwälder: *Mnium undulatum, M. affine, M. punctatum, Funaria hygrometrica, Eurhynchium striatum, Oxyrrhynchium Swartzii, Hygroamblystegium filicinum, Brachythecium rivulare.*

42. Assoz. der Kiefernwälder: *Funaria hygrometrica, Fissidens taxifolius, Bryum capillare, B. bimum, Dicranella varia, Brachythecium rivulare, B. Mildeanum.*

43. Assoz. der Südküste: *Fissidens decipiens, F. bryoides, Funaria hygrometrica, Mniobryum albicans, Dicranella varia.*

44. Sumpfassoz. der Südküste: *Drepanocladus Wilsoni, Amblystegium hygrophilum.*

Die Waldsubformation auf steinigem Substrate besteht aus geteilten Assoziationen mit geschlossenen Teilen.

45. Assoz. der Buchenwälder: *Mnia* (außer *spinosum* und *medium*), *Funaria hygrometrica, Mniobryum albicans, Bryum pseudotriquetrum, B. cuspidatum, B. capillare, B. pallens, B. turbinatum, Fissidens taxifolius, F. bryoides, Hygroamblystegium filicinum, Hygrohypnum palustre, Brachythecium rivulare, Didymodon rubellus v. intermedius, Oxyrhynchium Swartzii, Webera nutans, Cratoneuron commutatum, Schistidium alpicola v. rivulare, Orthothecium intricatum.*

46. Assoz. der Eichenwälder: *Mnium undulatum, M. stellare, Mniobryum albicans, Bryum capillare, Hygrohypnum palustre, Oxyrrhynchium Swartzii, Hygroamblystegium filicinum, H. fallax.*

47. Assoz. der Kiefernwälder: *Hygroamblystegium filicinum, H. irriguum, Cratoneuron commutatum, Mniobryum albicans, Bryum pseudotriquetrum, Hygrohypnum palustre, Fissidens taxifolius, F. bryoides, F. decipiens, Webera nutans, Oxyrrhynchium Swartzii, Amblystegium Sapěhini.*

Die Tufensubformation der kalkliebenden Moose. 48. Assoz. des Südküstentypus: *Eucladium verticillatum, Didymodon tophaceus.*

49. Assoz. des Buchenwaldtypus: *Cratoneuron commutatum.*

Assoziationen der Hydrophyten.

Die Hydrophytenformation.

Ökologische Bedingungen. Die allgemeine Grundbedingung ist das Wassermedium. Anpassungen. Ein starkes System von dicken Rhizoiden. Die Blätter sind locker gestellt und gewöhnlich dem Stengel angeschmiegt.

50. Waldassoz. Der Lichtgenuß ist nur in ausschließlichen Fällen höher als $^3/_4$. Es ist geteilte Assoziation mit oft geschlossenen Teilen. — *Cratoneuron commutatum*, *Oxyrrhynchium rusciforme*, *Hygroamblystegium fallax*, *H. filicinum*, *H. irriguum*, *Cinclidotus fontinaloides*, *C. aquaticus*, *Schistidium alpicola v. rivulare*, *Brachythecium rivulare*.

51. Jailaer Assoz. Der Lichtgenuß ist ca. 1. — *Hygroamblystegium fallax*, *H. filicinum*.

52. Assoz. der Südküste: *Oxyrrhynchium rusciforme*.